U.D.C. 621.9 : 621-218

工作機械の基礎

Foundations for Machine Tools

石　毛　誠　雄*
Seio Ishige

内　容　梗　概

高精度機械の管理上，基礎の良否が機械精度に及ぼす影響は非常に大きいものと考えられるが，この分野の研究や実験は乏しく今後解明すべき問題が多い。本報は川崎工場の地盤を例にとって，横中ぐり盤，平削盤，研削盤などについて基礎の大きさ，深さによる基礎自体の動き，機械基礎周辺に置かれる重量物が，機械精度および加工精度に及ぼす影響について述べた。なお一方軟弱地盤において杭打基礎を施工する場合の杭(くい)の配列，杭の本数の定め方，振動防止ピットの役割，重量物運搬車が基礎周辺を通過した場合の振動の影響などについて事例をあげて紹介した。

1. 緒　言

工作機械は設計技術ならびに加工技術の著しい進歩に伴い，機械自体の高精度化，加工精度の向上が図られ，現在では使用上の諸要求が満足される段階に至っている。これら高性能機械の能力を100％発揮させるためには，機械の設置場所，基礎の構造，据付方法，建屋および工場内重量物の置場所などに意を注ぎ，適性な保守管理が行なわれなければならない。従来，基礎の設計とか据付方法が等閑視されがちであったが，これは結果の良否が適確に判断されない場合が多く，他面，機械自体の剛性，切削工具などの身近な未解決の諸問題があまりにも多く，これら諸問題の解決を余儀なくされていたきらいが多分にある。加うるに工場の立地条件が千差万別で，その解明もむずかしいので，施工の際は経験とメーカー指定の仕様をうのみにして採用しており，必要以上の基礎を施工している場合が非常に多いと思われる。以下基礎施工の際，考慮すべき事項について事例をあげて説明する。

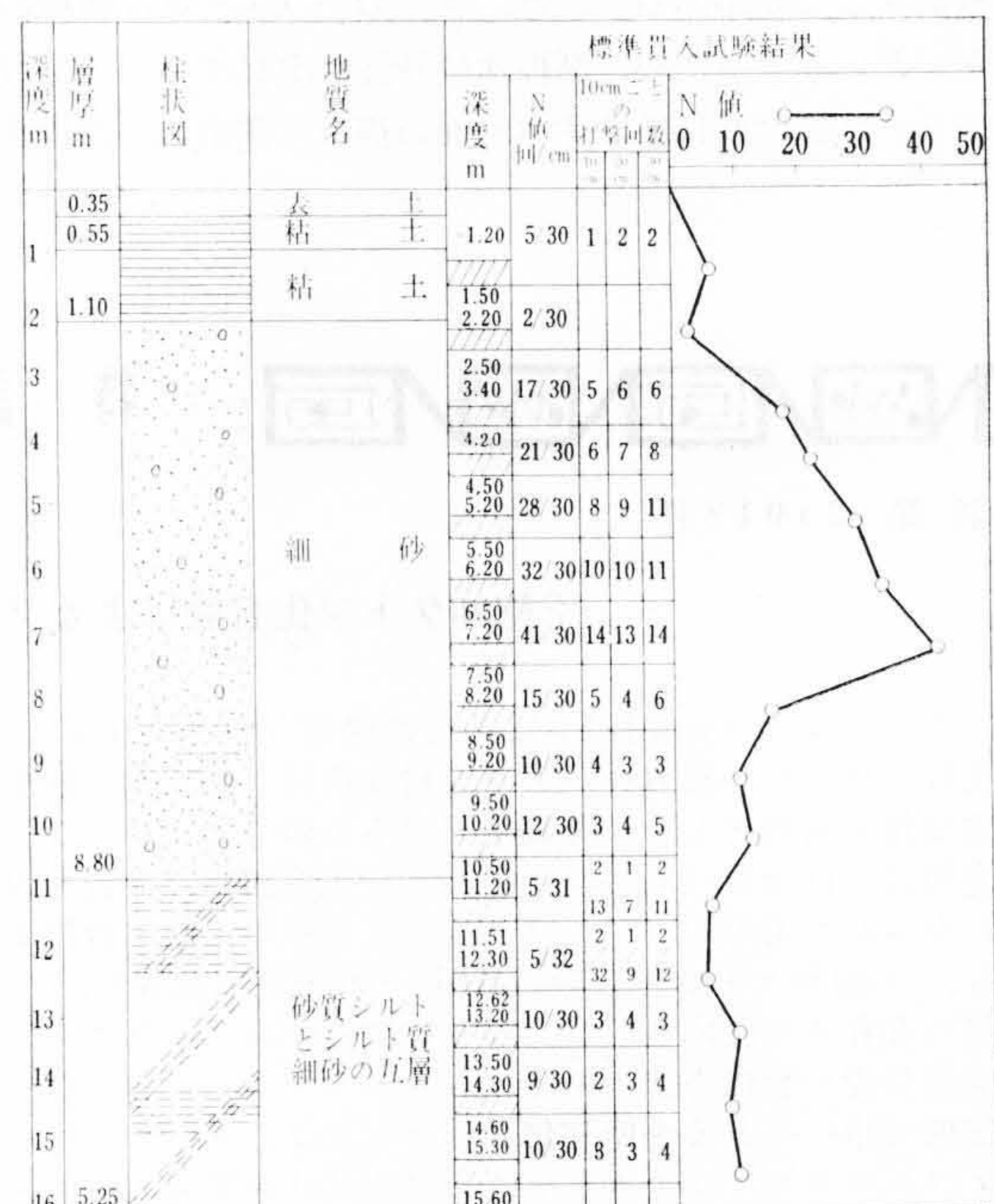
2. 工作機械基礎施工上の要件

本章で述べる基礎とは，基礎スラグのことで，上部荷重（機械本体，積載重量など）を地盤または割ぐり，杭などに伝えるために設けた構造部分であり，この基礎が具備すべき要件[1]は次に示すとおりである。

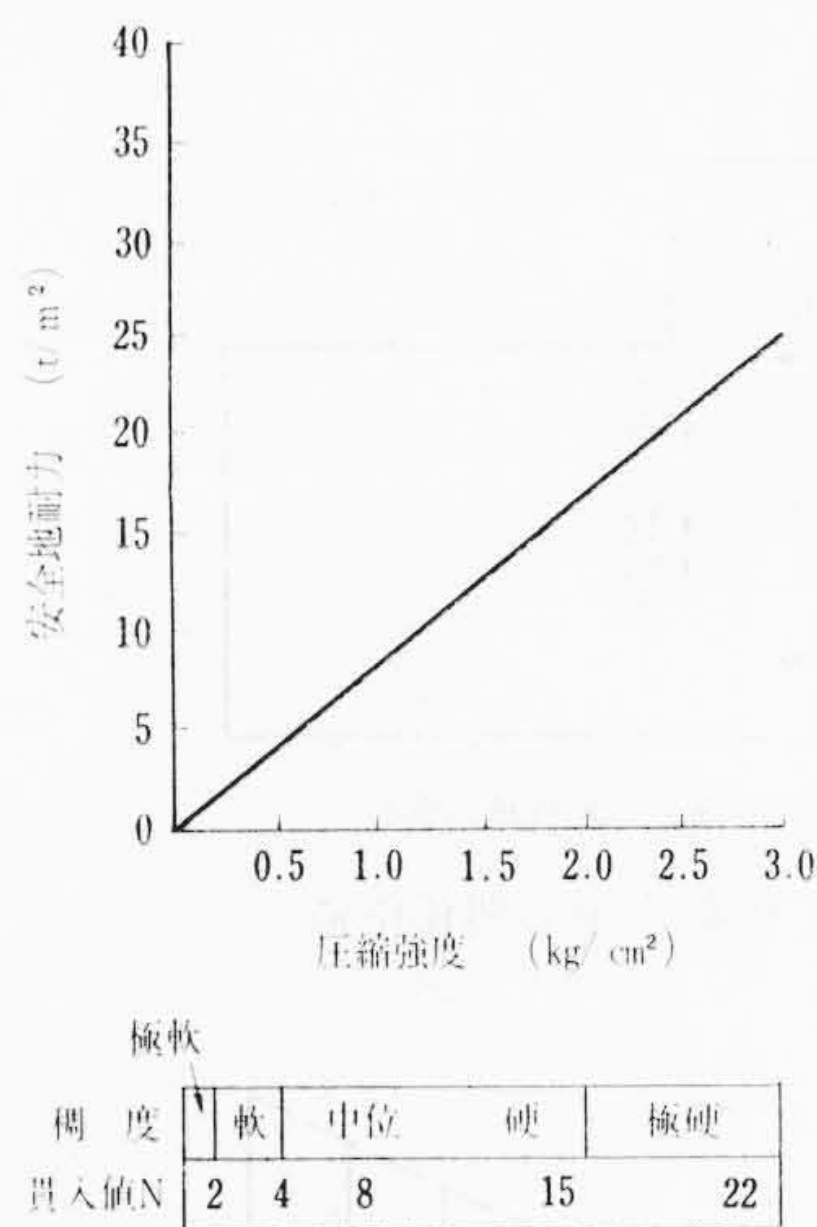
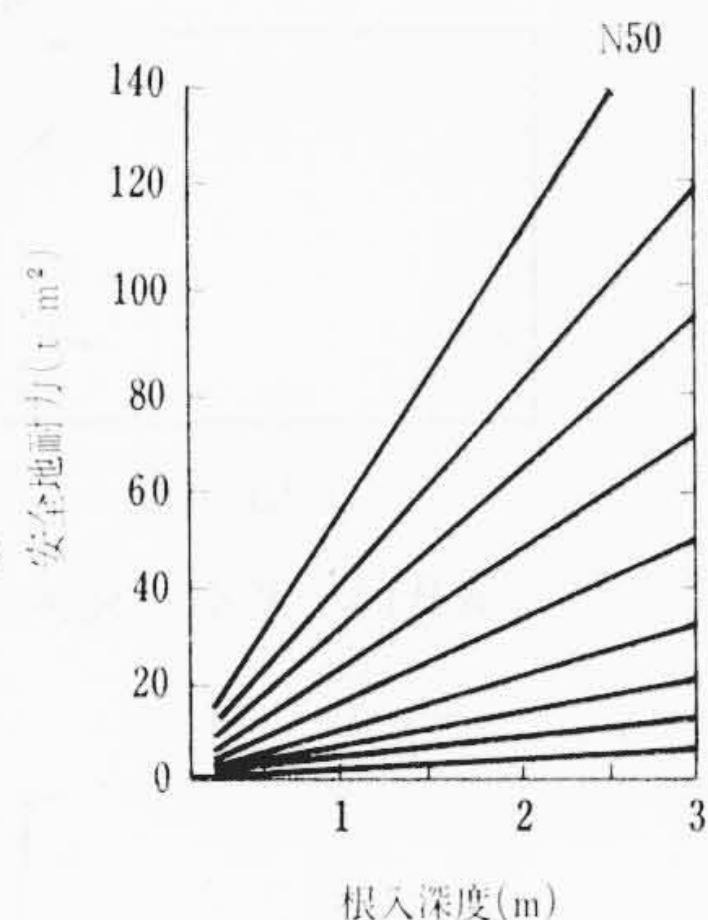
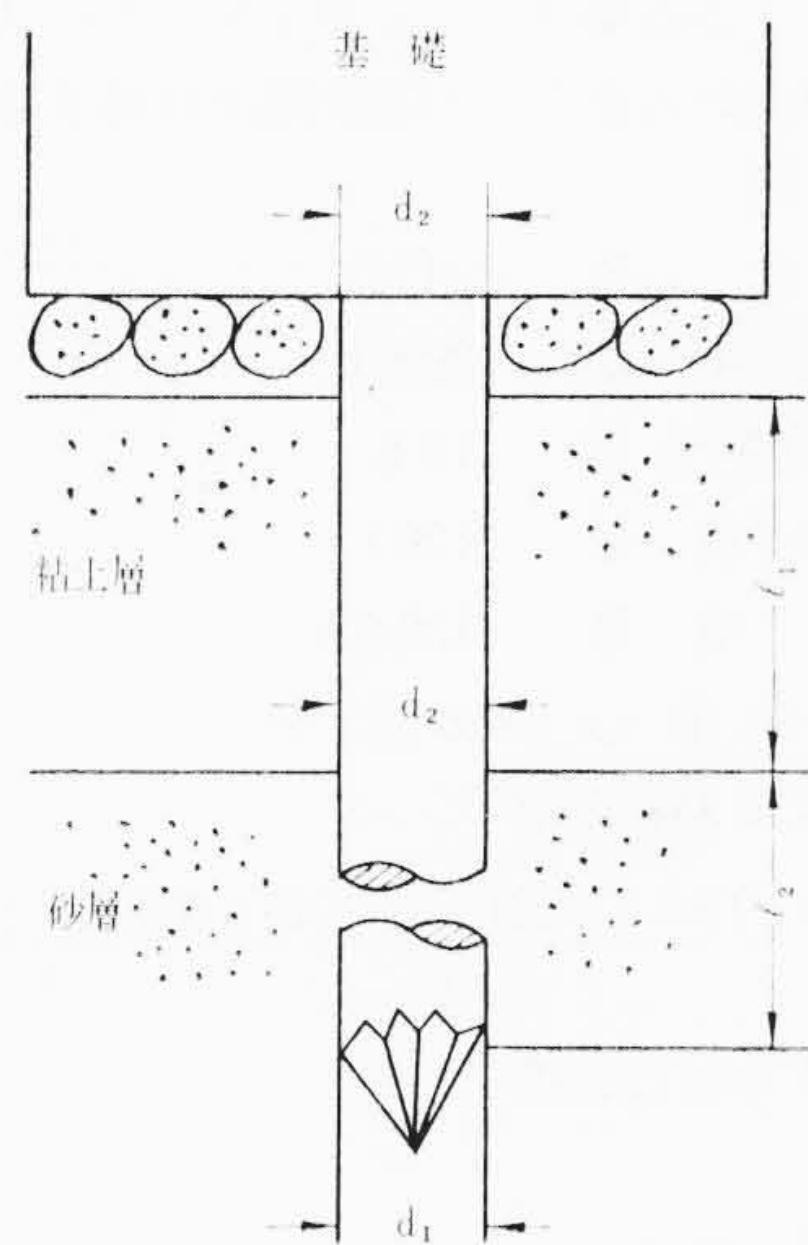
（1） 工作機械と地盤あるいは，これに準ずるものとの中間にあって，その圧力に十分耐えるものであること。
（2） 機械の精度および機能の保持に十分なものであること。
（3） 機械および基礎（一部あるいは全体）が沈下しないものであること。
（4） 機械および基礎が安定性を維持するものであること。
（5） 機械および基礎が転覆しないものであること。
（6） 機械および基礎がしゅう動しないものであること。
（7） 機械および基礎が浮動性を有しないものであること。
（8） 基礎自体が破損しないものであること。
（9） 機械と周囲が振動的に絶縁されたものであること。
（10） 施工が簡単で安価であること。

3. 地盤，基礎，機械との関係

3.1 地　耐　力

機械基礎の傾きは，工作機械精度にはほとんど影響はないと思われるが，基礎が部分的に不同沈下すると，精度への影響は大きく現われてくる。たとえばC社製横中ぐり盤（150 φ，重量 36 t）を 1m の深さの基礎上に設置したが，1年後にコラム側が約 10 mm 沈下し，工作精度（直角度）が，通常 0.01/600 mm 以下のものが，0.05/600 mm に低下した例がある。また，R社ラック盤（重量 12t）を一時的に 150 mm 床厚のコンクリート上にレベリングブロックを敷いて設置した際，コラム側に機械がずれて，ベッド下部のレベリングブロックがほとんど遊んでしまった例もある。これらはいずれも地耐力不足から発生したものである。機械設置の際，地盤の良否を判定するには，基礎施工個所の地耐力を測定することが望ましいが，実際には時間的，経済的に困難であるため，工場建築の際の地質調査資料，あるいは杭打した場合の貫入度合（後述）から推定すればよい。一般には地耐力は 5 t/m² 以上を目標にしているが，もし不足の場合には杭打などにより補強をする必要がある。**第1図**は川崎工場の地質調査結果の一例であり，地盤の深度別地耐力は，**第2図**[2]に示す粘土層の安全地耐力と貫入値の関係から**第1表**のように推定することができる。なお，参考のために砂層の安全地耐力と貫入値との関係を**第3図**に示す。**第1図**からわかるように，地上より深度 1 m までの地盤は軟質地盤であるため，機種によっては杭打をやらなければならない。

注：（1） 深度1mごとの標準貫入試験記録を示す。
（2） ボーリング機 鉱研 KS-3形ロータリ試験機。

第1図　川崎工場における地質柱状図の一例

* 日立製作所川崎工場

第2図　粘土層の安全地耐力と貫入値

第3図　砂層の安全地耐力

第4図　く　い　の　状　況

第1表　粘土地盤の深度と安全地耐力

深度 (mm)	貫入値 (N)	安全地耐力 (t/m²)	備考
200	1	1.0	第2図より推定
300	1.5	1.5	第2図より推定
500	2.5	2.7	第2図より推定
1,000	4	4.0	第2図より推定
1,500	5	5.2	試験結果

3.2　杭の支持力と配列

一般には松杭またはコンクリート杭が使用されるが，杭打の際建屋の高さに制約されるので，その長さは3～4m位のものである。したがってその支持方法は第1図からもわかるように杭の先端が岩盤に達することはまずないので，杭外周の摩擦による支持力で支持される。杭に要求される支持力は，地耐力と同様杭1本当たり5t以上が当然必要とされる。杭の支持力算式としては，摩擦杭方式と柱杭方式の2方法がある。一般に使用される算式は次のとおりである。

（1）摩擦杭の場合

$$P_a = f\pi\frac{d_1+d_2}{2}l \qquad (1)^{(1)}$$

P_a：杭の支持力 (t)

f：杭と土壌間の摩擦による支持力 (t/m²)

d_1, d_2：杭の両端の直径 (m)

l：杭の地中に入った部分の長さ (m)

ただしfの値の求め方としては，文献は多数あるが，それぞれ違っており，数値の取り方に惑わされるので，次の柱杭の場合（建築基礎構造設計基準）の実験式[(3)]を併用し，両者の値が10%以下の範囲内になるようなfの値を選べばよい。川崎工場の一例ではfの値[(1)]として第2表に示すようなものを使用している。なお杭が第4図に示すように粘土層と砂層にまたがって打込まれる場合は，(1)式を変形し，(2)式を適用すればよい。

$$P_a = (f_1\pi d_2 l_1) + \left(f_2\pi\frac{d_1+d_2}{2}l_2\right) \qquad (2)$$

f_1：粘土層における杭と土壌間の支持力 (t/m²)

f_2：砂層における杭と土壌間の支持力 (t/m²)

第2表　f　の　値

杭材料と地盤の種類	摩擦による支持力 (t/m²)
粘土と―あらいコンクリート	2.5
粘土と―あらい木材	2.0
砂および砂利―あらいコンクリート	3.5
砂および砂利―木材	3.0

d_1：杭先端の直径 (m)

d_2：杭上部の直径 (m)

l_1：粘土層内の杭部長さ (m)

l_2：砂層内の杭部長さ (m)

（2）柱杭の支持力

杭打施工の際に試験杭を打込み杭の支持力を求める方法としては(3)式が使用される。すなわち，杭の最終貫入量，ハンマの重量，ハンマの落下高さを測定して支持力を算出する。

$$R_a = \frac{Wh\cdot H}{5S+0.1} \qquad (3)^{(3)}$$

R_a：杭の支持力 (t)

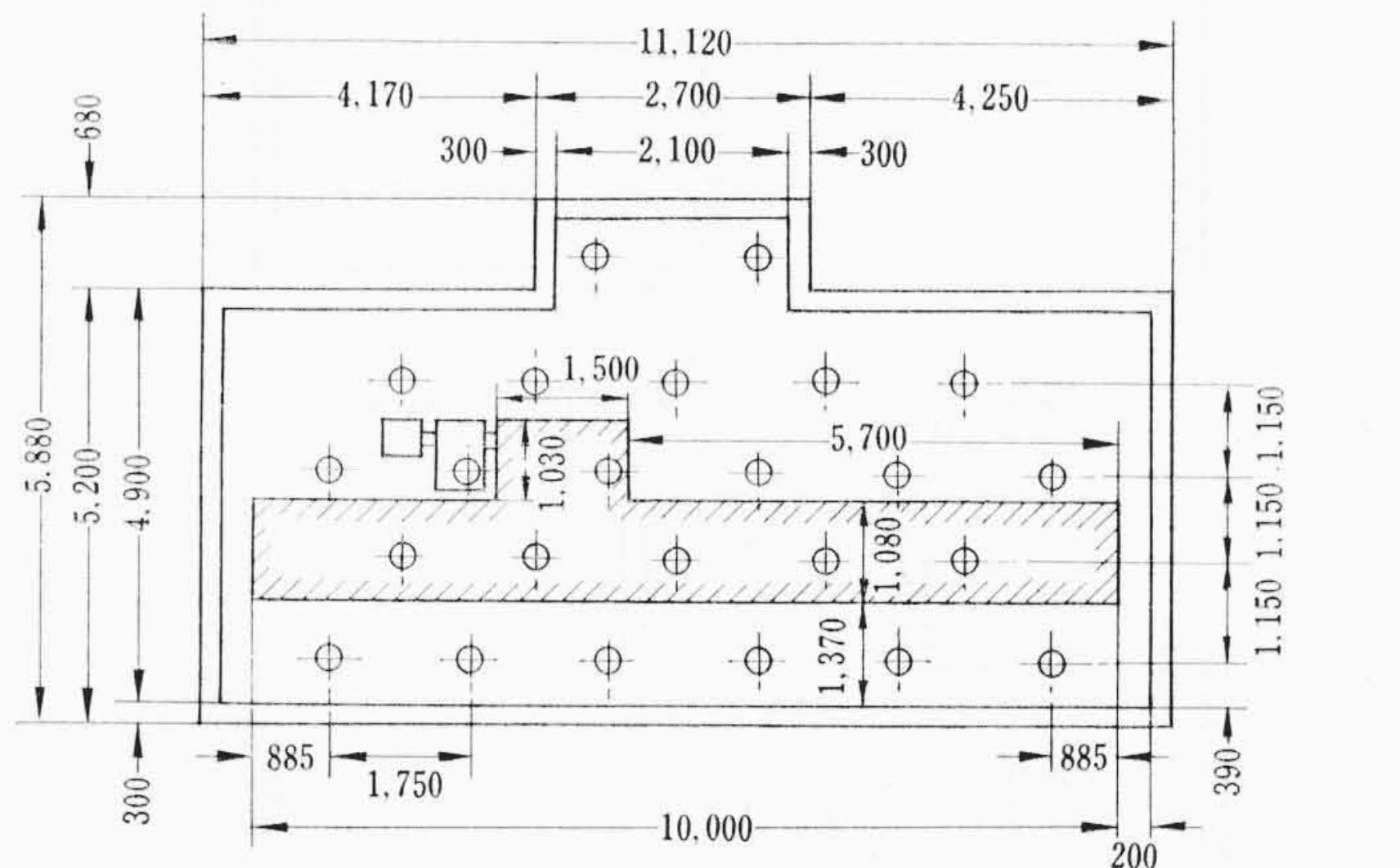
Wh：ハンマの重量 (t)

H：ハンマの落下高さ (m)

S：杭の最終貫入量 (m)

たとえば，$Wh=0.3$ t，$H=3$ m でハンマを落下させた場合，杭の支持力を6tに見込めば，杭の打止りの際の貫入量は10mm前後でよい。

（3）杭の配列

杭と杭の間隔は，一般には杭直径の4～6倍程度を限度とする。杭の配列を決める場合，静的荷重に対しては下記に算出方法の一例を示した。本例はA社製平削盤 (1,250×4,000mm) の基礎について杭に加わる最大荷重と最小荷重を求めたものである。第5図は基礎と機械ベッドの関係位置を示す。なお動的荷重について

第5図　杭基礎と機械ベッドの関係位置

はほとんど考慮する必要はないと思うが，テーブルを片端に移動させ最も偏心荷重が大きくかかる状態で計算する必要がある。

計　算　例

(a) 杭　本　数　24本

(b) 機　械　重　量　29.6 t

最大積載重量　10 t

基　礎　重　量　120 t

合　計　重　量　159.6 t

(c) 杭群の重心（**第6図**参照）

X-X 軸に関する偏心距離

$$\bar{X}=\frac{5\times1.15+6\times2.3+5\times3.45+6\times4.6}{24}=2.683 \quad (\mathrm{m})$$

Y-Y 軸に関する偏心距離

同様に

$\bar{Y}=4.375 \quad (\mathrm{m})$

(d) 基礎の重心（**第7図**参照）

X-X 方向について

$$\bar{X}=\frac{10.52\times4.6\times5.26+2.1\times0.68\times5.22}{10.52\times4.6+2.1\times0.68}=5.259 \quad (\mathrm{m})$$

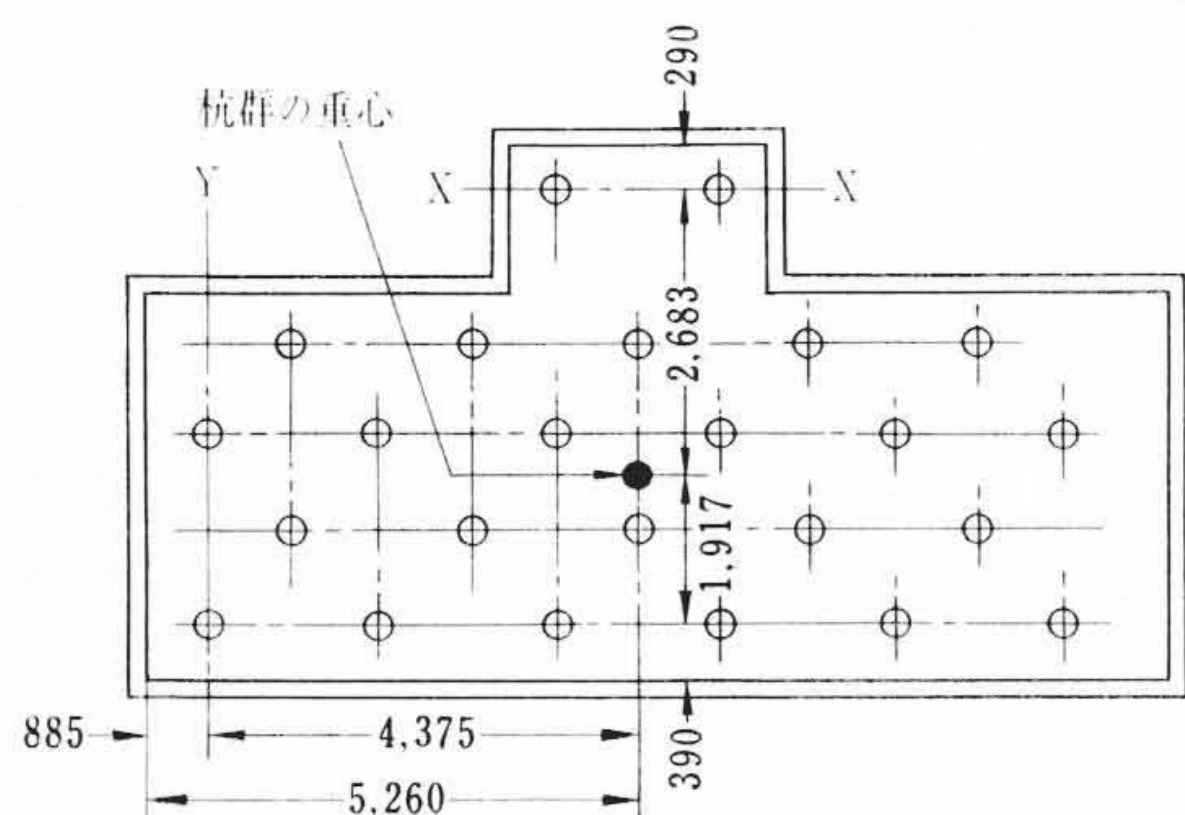
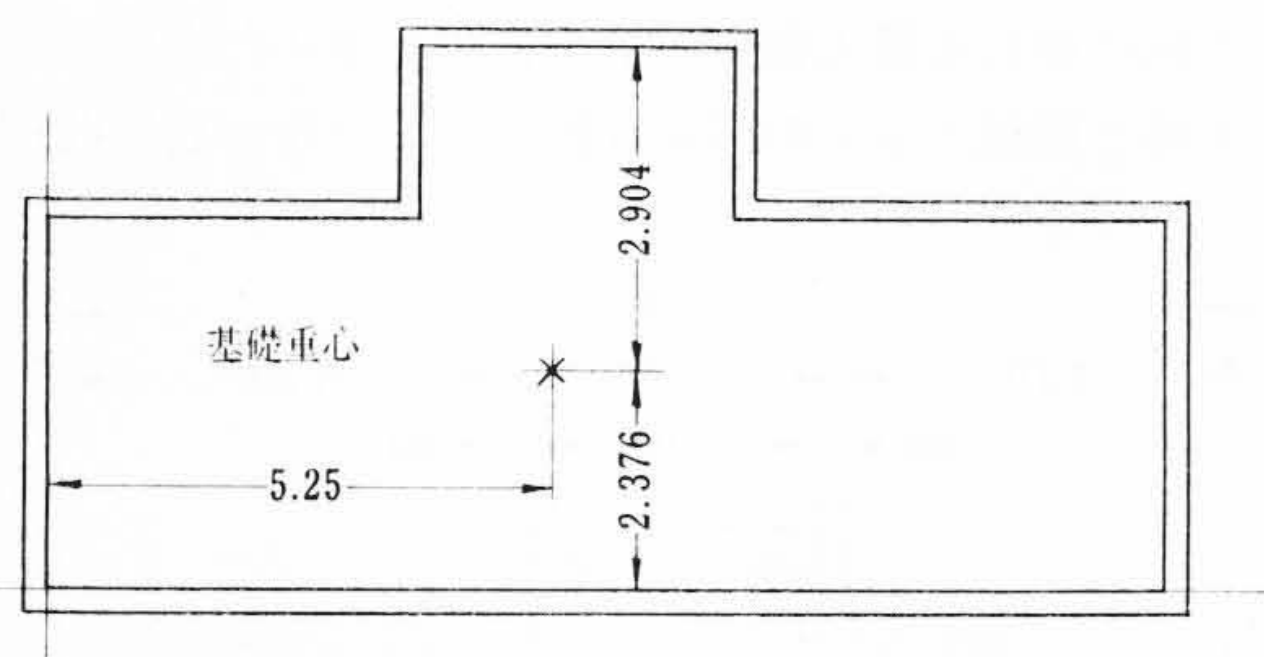
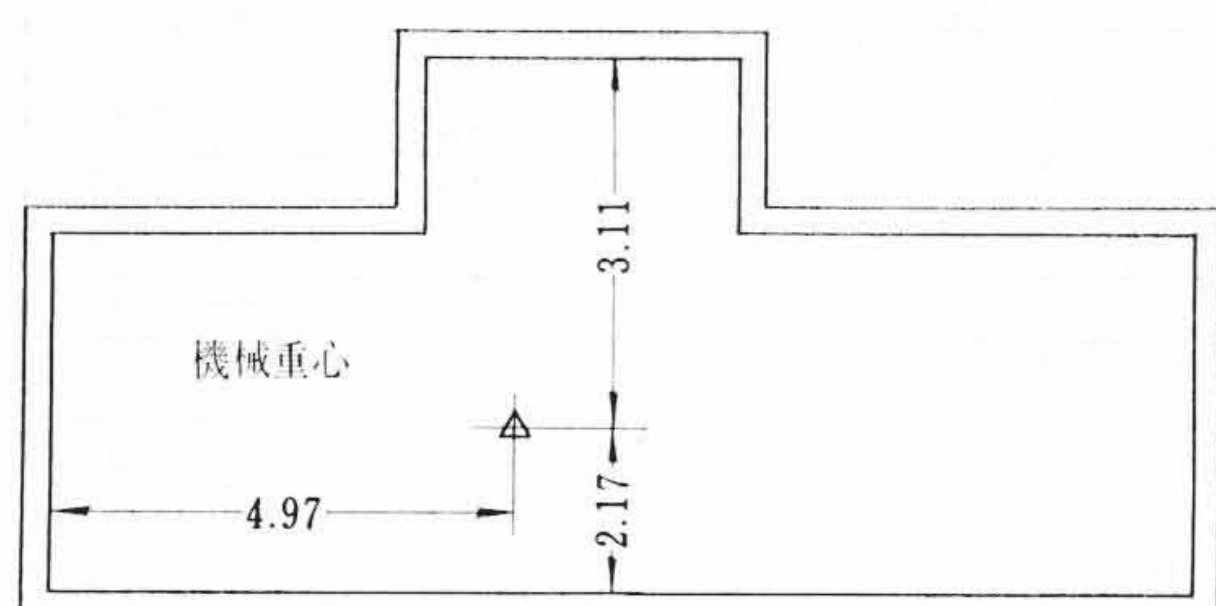
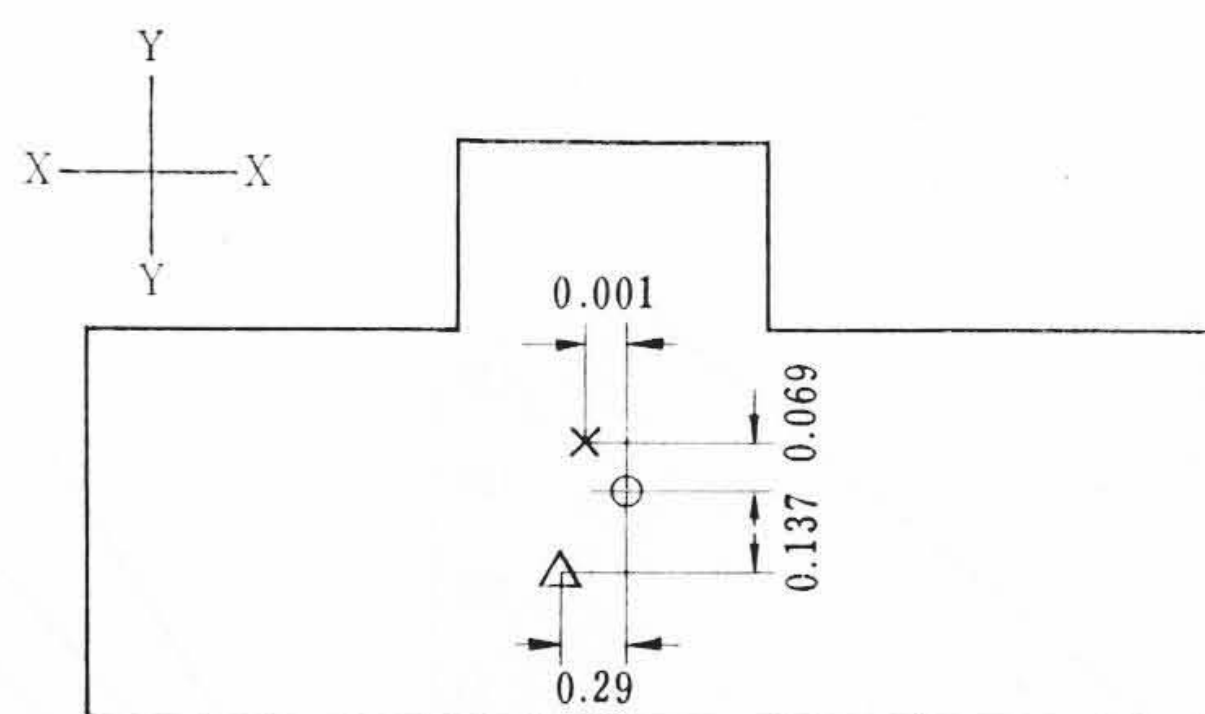
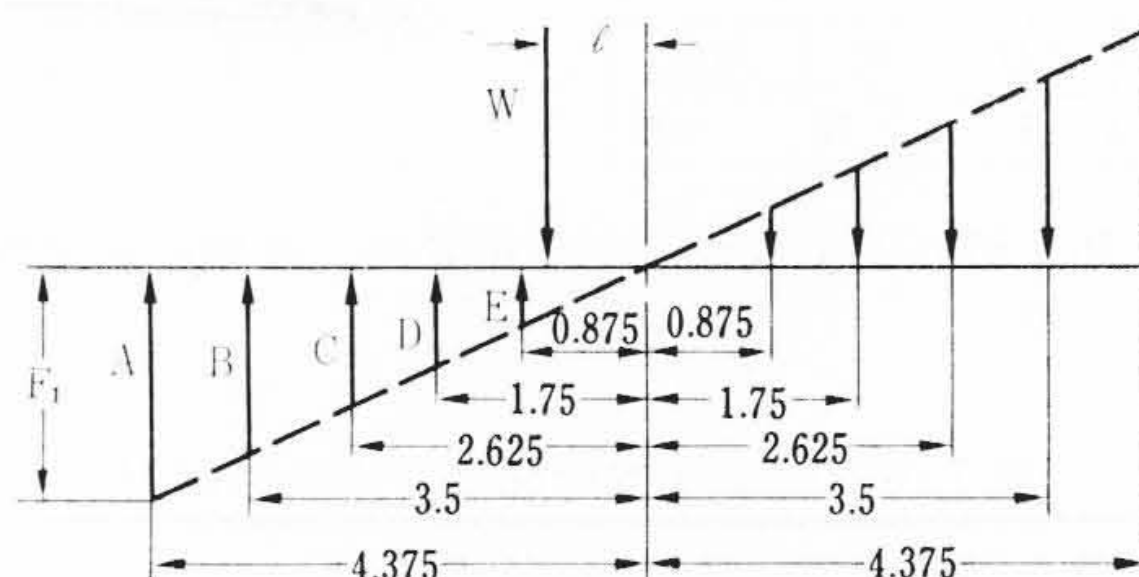
Y-Y 方向について

同様に

$\bar{Y}=2.376 \quad (\mathrm{m})$

(e) 機械の重心（**第8図**参照）

(f) 基礎，機械および杭群の重心の関係位置（**第9図**参照）

(g) 杭に対して，基礎および機械の偏心により生ずるモーメントの算定

第6図　杭群の重心位置

第7図　基礎の重心位置

第8図　機械の重心位置

第9図　基礎，機械，杭群の重心関係位置

第10図　くいに加わる荷重分布

第9図より

X 方向	基礎の偏心モーメント	$120.0\times0.001=0.12$
	機械の偏心モーメント	$39.6\times0.29=11.484$
	計	11.604 (t-m)
Y 方向	基礎の偏心モーメント	$120.0\times0.069=8.28$
	機械の偏心モーメント	$39.6\times(-)0.137$
		$=(-)5.425$
	計	2.855 (t-m)

(h) 各杭に加わる荷重

基礎を回転させようとするモーメントにより，**第10図**のように，回転軸よりの距離に比例した大きさの力が各杭に作用するものと仮定する。X 軸方向について考えると，杭Aに加わる力を F_1 とすれば，杭BCDEに加わる力は，それぞれ

$$\frac{3.5}{4.375}F_1=0.8F_1 \quad \frac{2.625}{4.375}F_1=0.6F_1 \quad \frac{1.75}{4.375}F_1$$

$$=0.4F_1 \quad \frac{0.875}{4.375}F_1=0.2F_1$$

したがってモーメントの釣合条件により

$11.604\,(\mathrm{t\text{-}m})=38.80\,(\mathrm{m})\,F_1$

$\therefore \quad F_1=0.299 \quad (\mathrm{t})$

Y 軸方向について同様に求めると，

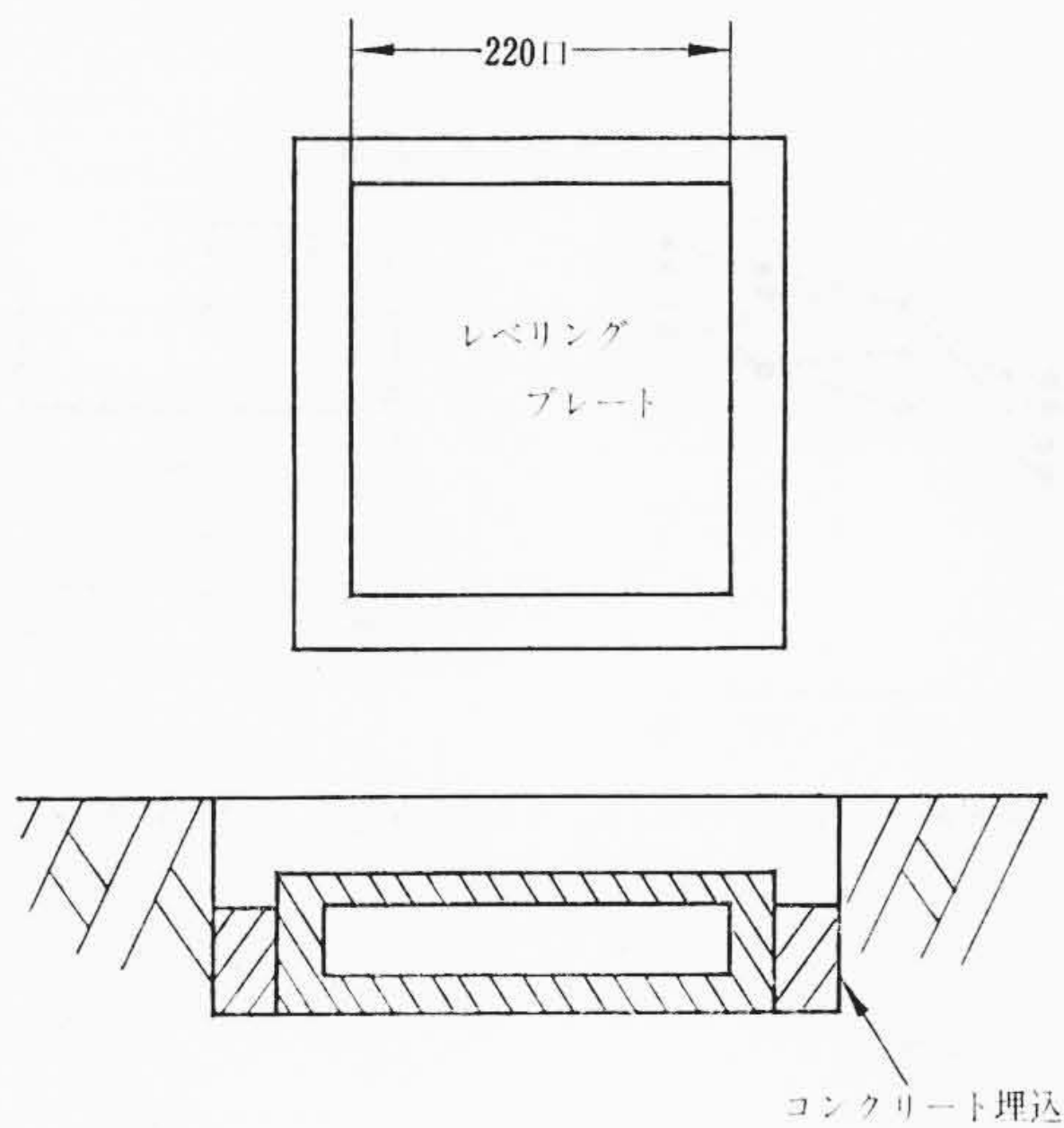
$F_2=0.147$

ゆえに杭先端部に加わる最大荷重 (O_{max}) と最小荷重 (O_{min}) は次のようになる。

$$O_{max}=\frac{159.6}{24}+0.299+0.147=7.096 \quad (\mathrm{t})$$

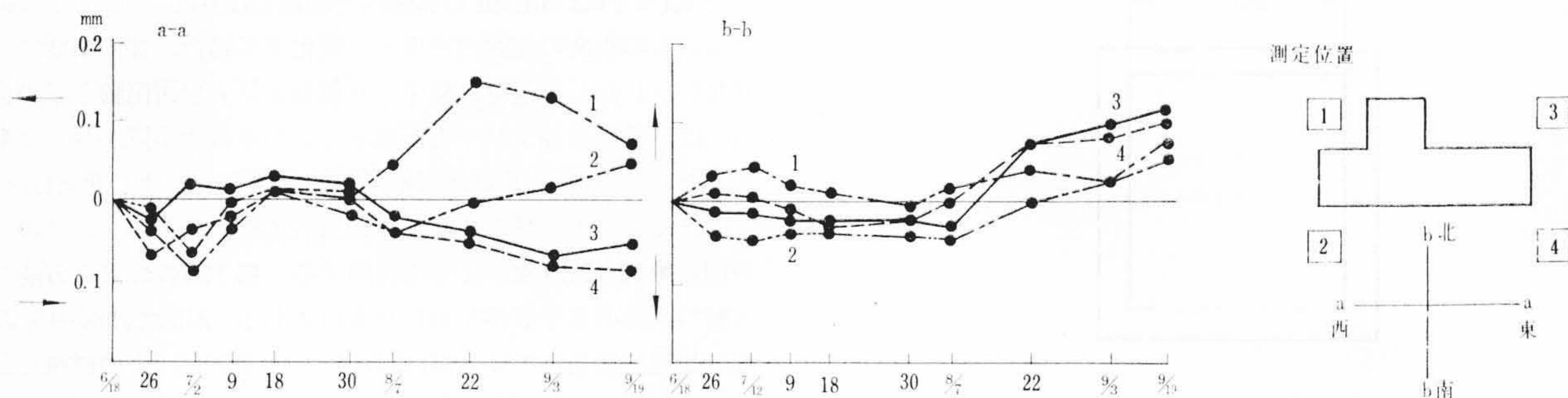
$$O_{min}=\frac{159.6}{24}-0.299-0.147=6.204 \quad (\mathrm{t})$$

3.3 基礎の動き

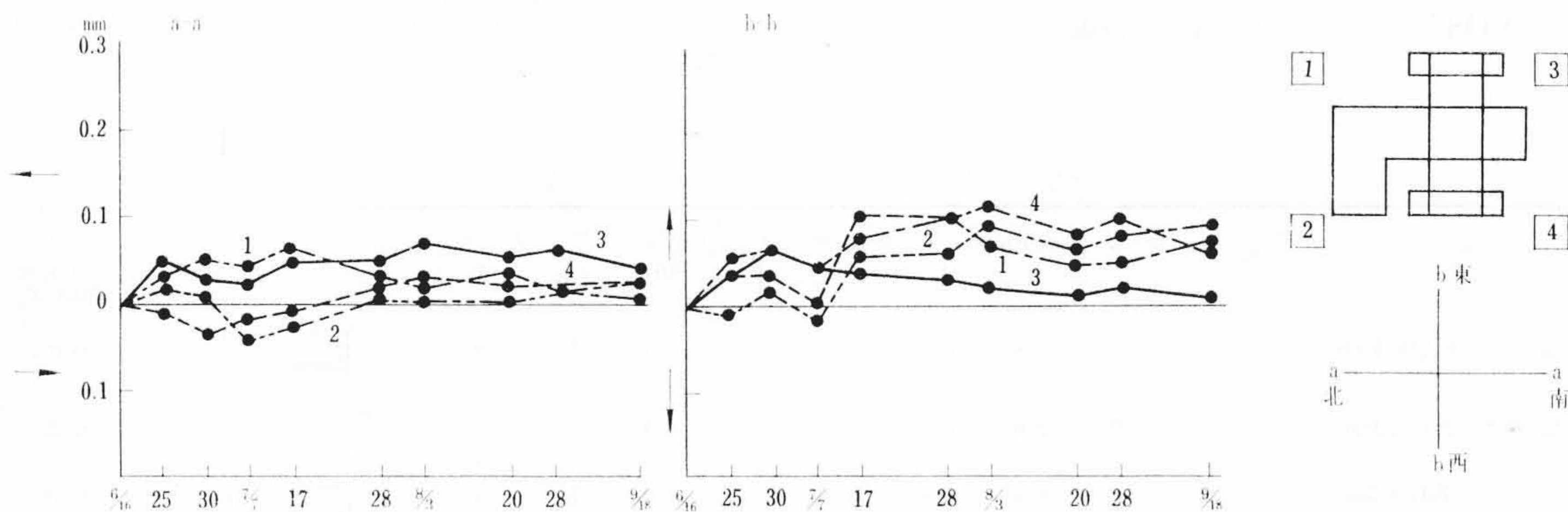
工作機械の精度に直接影響を及ぼすと思われる基礎ブロックの動きについて考察を加えてみる。川崎工場において25台の工作機械基礎について**第11図**に示す鋳鉄製レベリングプレートを基礎上の四隅に埋込み，3個月間にわたり，1週間ごとに水平値の変化を水準器で測定した結果を**第3表**に変化の最大値で示した。基礎は一般

第11図　レベリングプレート設置状況

に ±0.1～±0.2 mm/m の範囲内で繰返し揺動しているように思われる。この程度の範囲内で徐々に変化する場合は加工精度には影響はない。しかし平削盤，横中ぐり盤および大形研削盤などの機械周囲には，常に被加工品や大形治具などの重量物が置かれたり取り除かれたりするので，基礎は当然局部的な影響をうけて変位し，機械精度になんらかの影響を及ぼしている。基礎の動きについての二，三の例を**第12,13,14図**によって説明する。**第12図**は，日立万能フライス盤の基礎の水平推移を示したものである。本例では図中8/22に急激に基礎が変化しているが，これは 3 4 側に約5tの機械を設置したため生じたものである。しかしこのときの加工精度はなんら影響を受けなかった。この種機械の剛性度は相当高いと判断される。**第13図**はG社製横中ぐり盤基礎の水平推移を示すが，基礎の経過年数は8年で比較的安定しているが，**第14図**のF社製プラノミラーの基礎の経過年数は1年であり，新しい基礎のため非常に不安定であることを示している。これらのことから基礎の変化には，経年変化と外部条件によるものとがあるが，据付に際しては，まずコンクリ

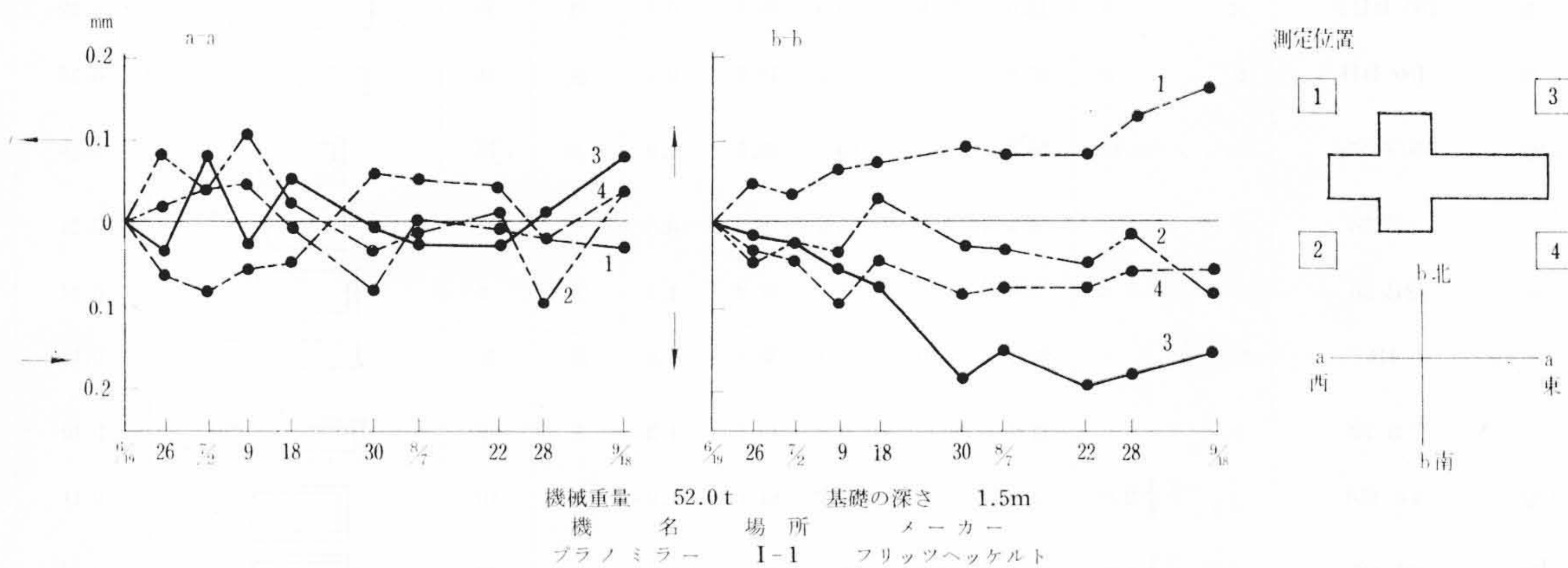
第3表　基礎の動き測定結果

機械名	型式寸法	製作者名	機械重量（t）	積載重量（t）	基礎重量（t）	合計重量（t）	基礎深さ（m）	振動防止ピット有無	杭の本数（本）	基礎図形	最大水平変化量	
											長手方向（mm/m）	縦方向（mm/m）
円筒研削盤	SJW-1000	ジョテス	3.8	0.2	4.7	8.7	0.4	有	無		0.09	0.11
円筒研削盤	280×1,000	大隈	5.6	0.3	3.8	9.7	0.4	無	無		0.06	0.14
円筒研削盤	350×2,000	日工	8.5	0.4	26.2	35.1	1.0	有	無		0.11	0.06
円筒研削盤	ES-2500	フォーチュナ	6,6	0.4	19.1	26.1	1.0	有	16		0.11	0.03
ねじ研削盤		マトリックス2台	12.0	0.05	65.0	77.05	1.0	有	31		0.07	0.20
横中ぐり盤	100-BHF	日立	42.0	10.0	43.4	95.4	0.5	無	無		0.12	0.13
横中ぐり盤	100-BH	日立	16.0	8.0	25.6	49.6	0.5	無	無		0.18	0.16
横中ぐり盤	350T 5″φ	ギディングルイス	16.0	9.5	60.0	85.5	1.0	有	18		0.18	0.17
治具ミル	2B-36	デフリーグ	5.9	1.1	3.3	10.3	0.5	無	無		0.14	0.11
治具ミル	2B-36	デフリーグ	5.9	1.1	50.2	57.2	1.3	有	8		0.14	0.18
治具ミル	4B	デフリーグ	20.4	5.0	13.1	38.5	0.5	無	無		0.10	0.10
治具ミル	3B-72	デフリーグ	12.7	1.0	35.0	48.7	1.3	有	8		0.10	0.15
治具中ぐり盤	♯6 610	三井プラット 2台	8.9	2.0	70.2	81.1	1.0	有	10		0.11	0.15
治具中ぐり盤	6A ♯6	シップシップ 2台	13.5	2.8	70.2	86.5	1.0	有	10		0.12	0.09
平削盤	HES 1,200×4,000	アッシャースレーベン	29.6	10.0	120.0	159.6	1.0	有	24		0.15	0.14
平削盤	1,800×1,500×4,000	アッシャースレーベン	36.8	10.0	58.0	104.8	1.0	無	23		0.10	0.12
平削盤	56″×56″×16′	グレイ	34.4	10.0	110.4	154.8	1.0	有	32		0.23	0.10
平削盤	42″×42″×8′	日工	8.0	5.0	26.1	39.1	0.7	有	11		0.47	0.33
平削盤	1,600×8,000	ワードリッヒジーゲン	70.8	20.0	187.0	277.8	1.4	有	56		0.22	0.17
プラノミラー	FBEWS 2/1	フリッツヘッケルト	52.0	5.0	49.0	106.0	1.5	無	23		0.22	0.24
ホブ盤	900H	日立	10.0	1.0	3.2	14.2	0.3	無	無		0.15	0.09
ラック盤	2,500	ライネッカー	12.0	1.2	5.4	18.6	0.3	無	無		0.12	0.37
万能フライス盤		日立	7.5	1.0	7.1	15.6	0.3	無	無		0.24	0.14

a-a 方向とは基礎の長手方向，b-b 方向とは横手方向を示す。いずれも簡単な基礎図形と，その水平測定位置を示している。また←→↑↓記号は，矢印の方向に基礎が上がっていることを示す。

機　名	場　所	メーカー
万能フライス盤	H 2	日　立

第12図　日立万能フライス盤基礎の水平推移

機械重量　16.0 t　　基礎の深さ　1.0 m

機　名	場　所	メーカー
横中ぐり盤	A 9	ギディング

第13図　ギディング横中ぐり盤基礎の水平推移

機械重量　52.0 t　　基礎の深さ　1.5 m

機　名	場　所	メーカー
プラノミラー	I-1	フリッツヘッケルト

第14図　フリッツヘッケルトプラノミラー基礎の水平推移

ートの強度変化が最もはなはだしい。施工後4週間までは機械据付は避けるのが望ましく，また機械据付後1年間くらいは最低月1回のレベル修正を行なうことが必要である。

3.4　基礎周辺の重量物が静的精度に及ぼす影響

D社製治具ミル(4B)は高精度の中ぐり加工が可能であるが，ベッドとコラムは側面で組み付けてあるため，このような機械は連続基礎にすると，周辺の重量物による影響によって基礎が変位し機械の剛性度を弱めるような直接的影響を受ける。たとえば基礎周辺に重量物をおいて機械精度の変化を次のように測定するとはっきりと現われてくる。

測　定　手　順

（1）　機械上および基礎上の数個所に水準器を置く。

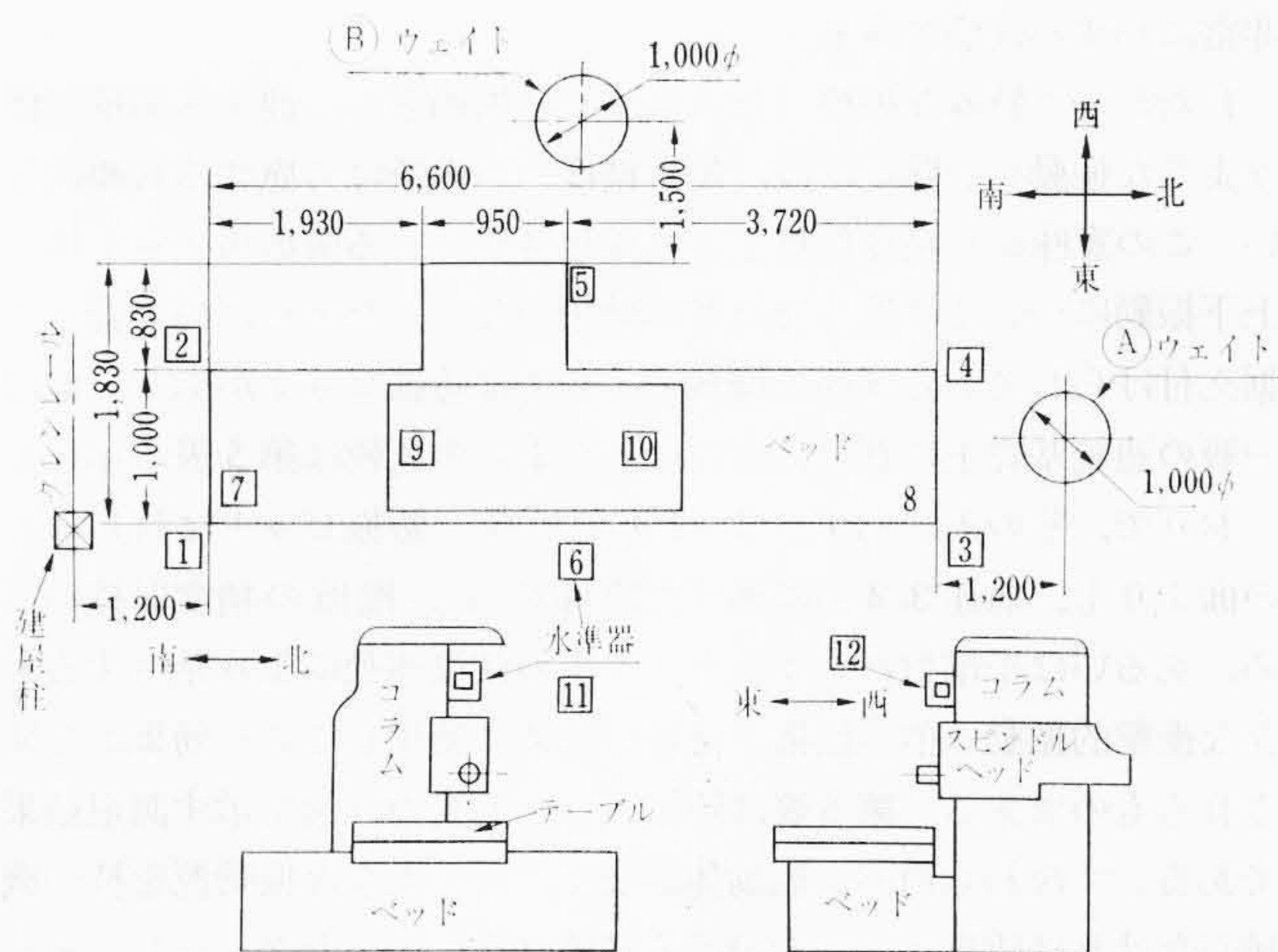
（2）　基礎周辺にテストウェイトを置き，水準器の変位量を読む。

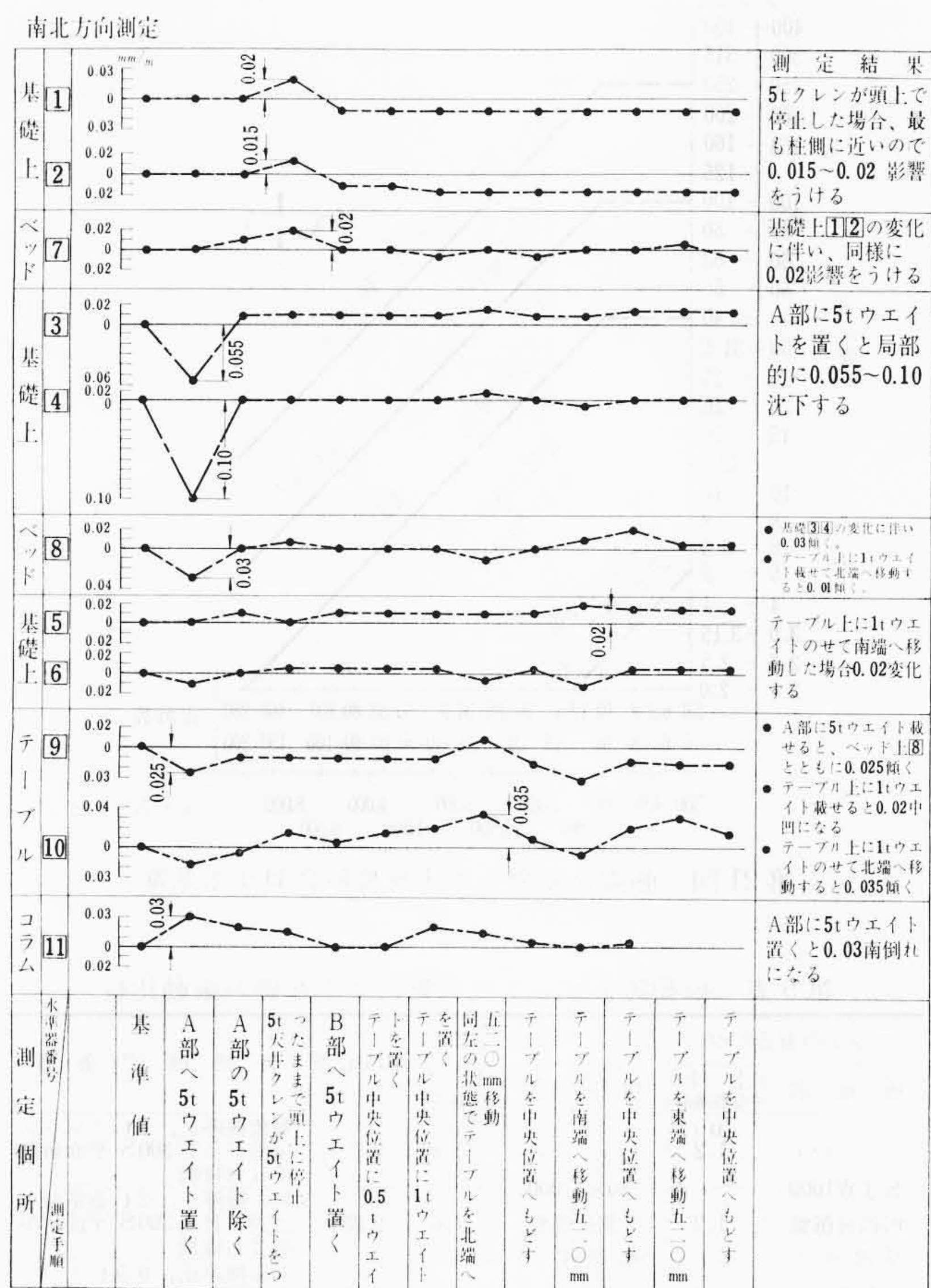
（3）　同上テストウェイトを除いて，水準器の戻り量を読む。

（4）　テーブル上にテストウェイトを載せ，水準器の変位量を読む。

（5）　(4)の状態でテーブルを左右前後方向に移動させて，水準器の変位量を読む。

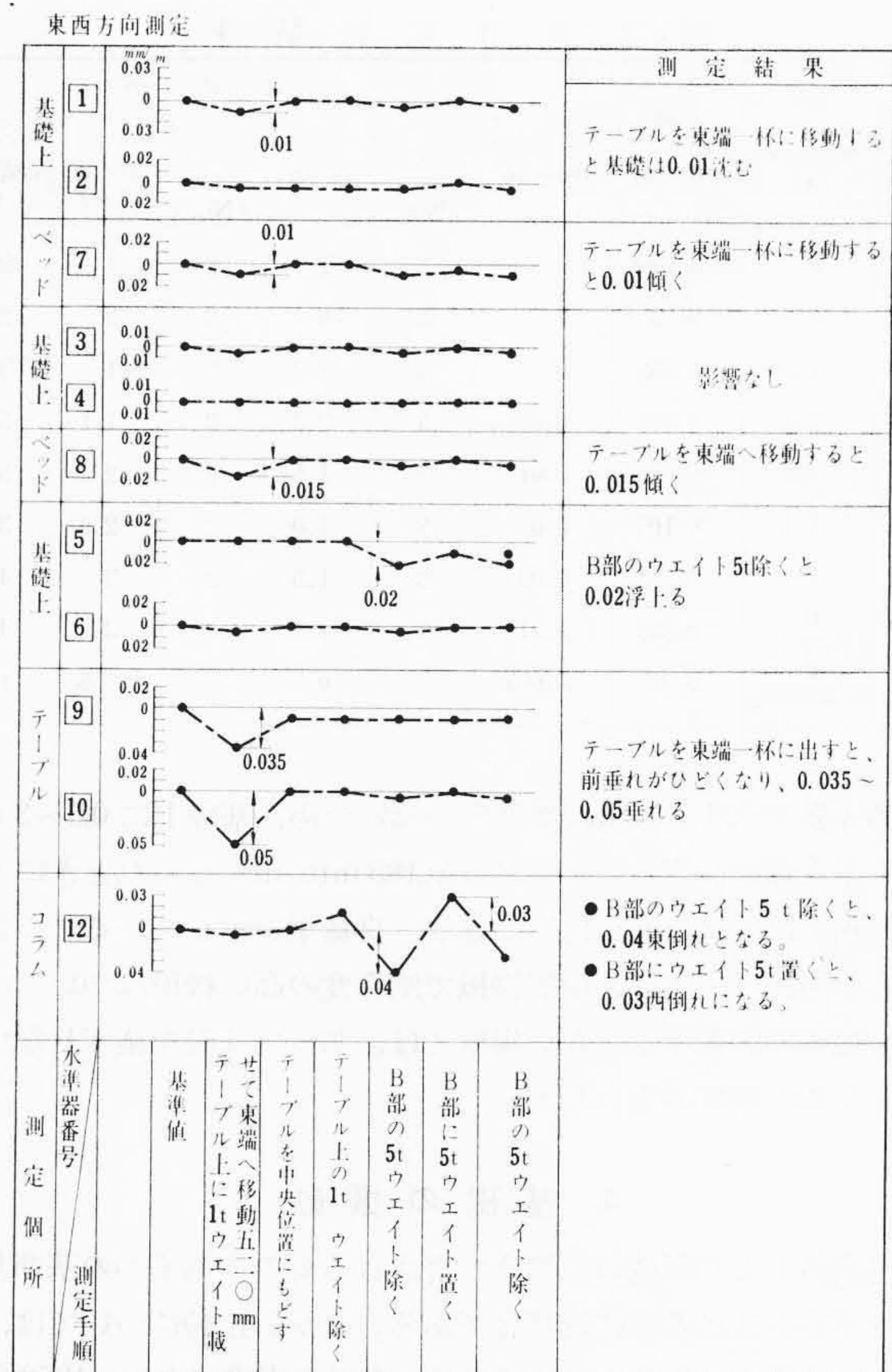
（6）　テーブル上のテストウェイトを除いて，(1)の状態にどの程度戻るか確かめる。

測定方法は，D社治具ミルについて，**第15図**に示すように水準器を配置し，A部とB部にテストウェイトを置いて行なった。結果は**第16, 17図**に示すとおりである。**第16図**からわかるように，基礎が連続基礎の場合 [3] [4] の位置で局部的に基礎が0.1 mm/m 沈下すると，ベッドが0.03 mm/m たれて，コラムは0.03 mm/m あ

第 15 図 (デフリーグ・治具ミル) 水準器設置状況

上段は北側，下段は南側に上り方向を示す。

第 16 図 デフリーグ・治具ミル測定結果

おられる結果となり，当然加工中に重量物を周辺に置いたり除いたりすると，加工精度に弊害をおよぼすことになる。したがってこのような機械には防振ピットを設けるべきである。

3.5 基礎周辺の重量物と加工精度との関係

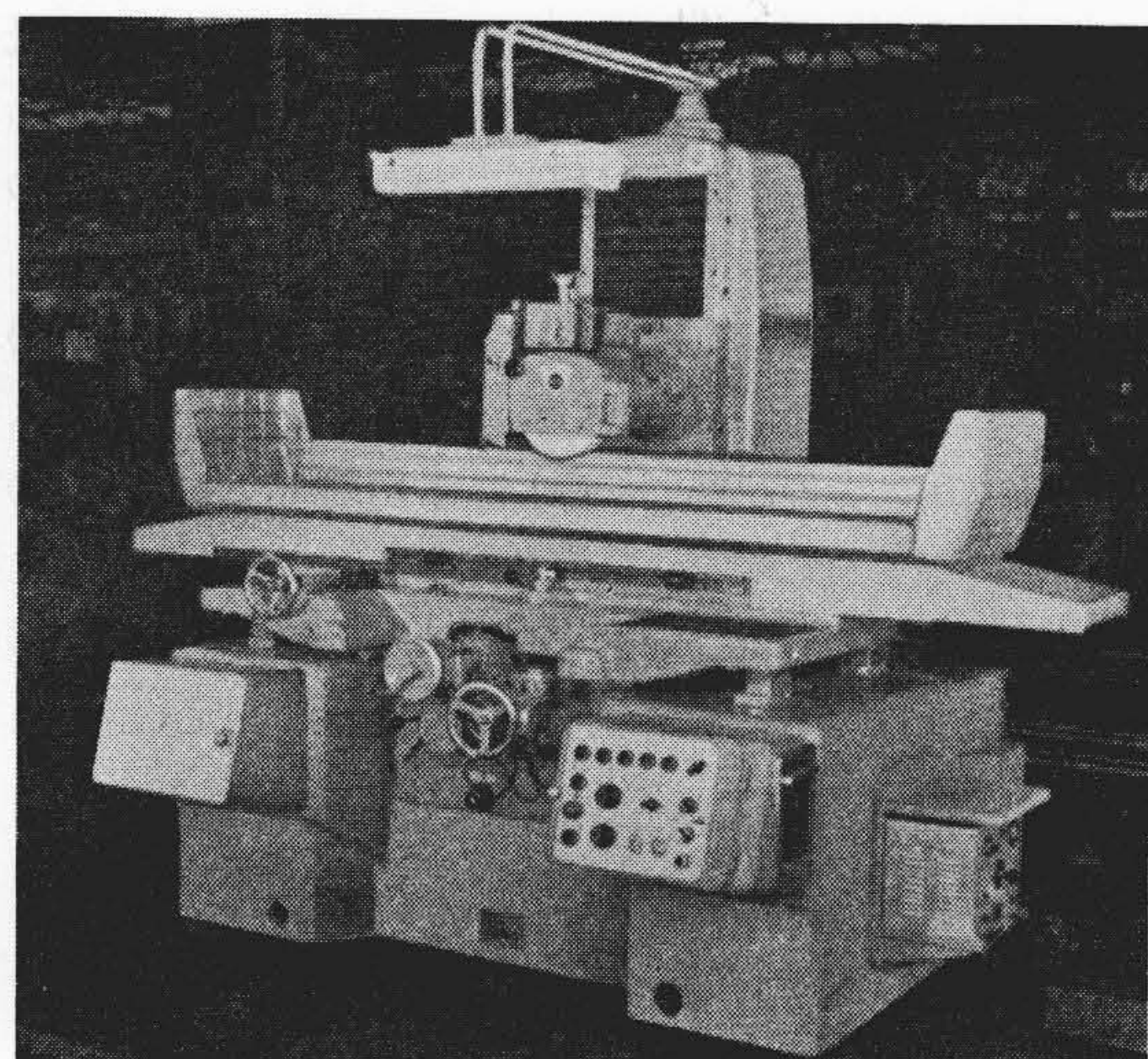
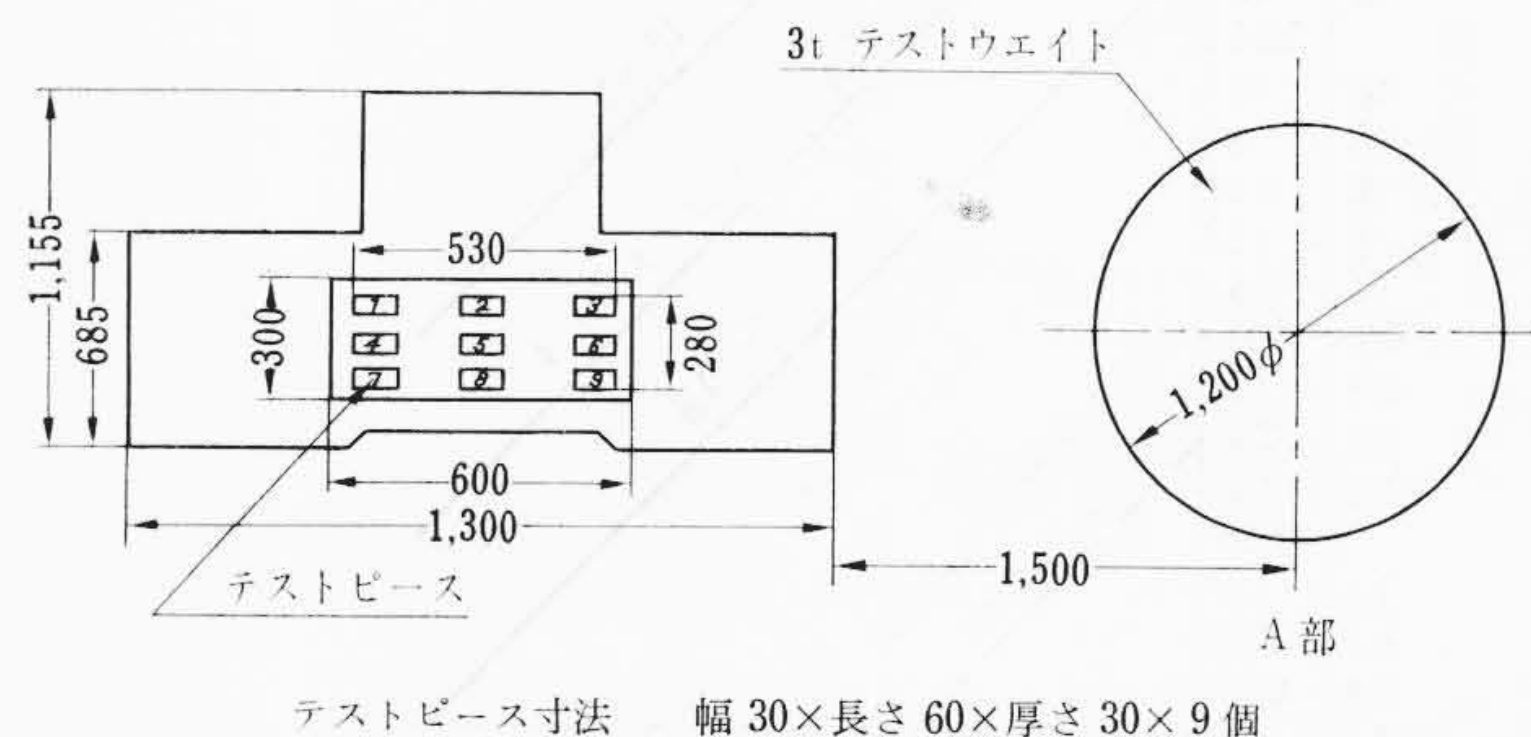
前述のように，機械のベッドとコラムが側面から取り付けられたものでT社製平面研削盤 (CX 30×36×120 in) においても，周辺に5t以上の重量物を置くと，5 μ/1,500 mm の平担度に仕上っていた加工精度が 20 μ に低下し悪影響を及ぼした例があるが， これに対しベッド上にコラムが取り付けられている機械は剛性度が高く，基礎の変化がはなはだしくとも加工精度にはまったく影響しない。よい例として， **第 18 図**の日立製 300S 平面研削盤を厚さ 150 mm の

上段は東側，下段は南側に上り方向を示す。

第 17 図 デフリーグ・治具ミル測定結果

第 18 図 日立 300 S 平面研削盤

テストピース寸法 幅 30×長さ 60×厚さ 30×9 個

第 19 図 日立 300 S 測定方法

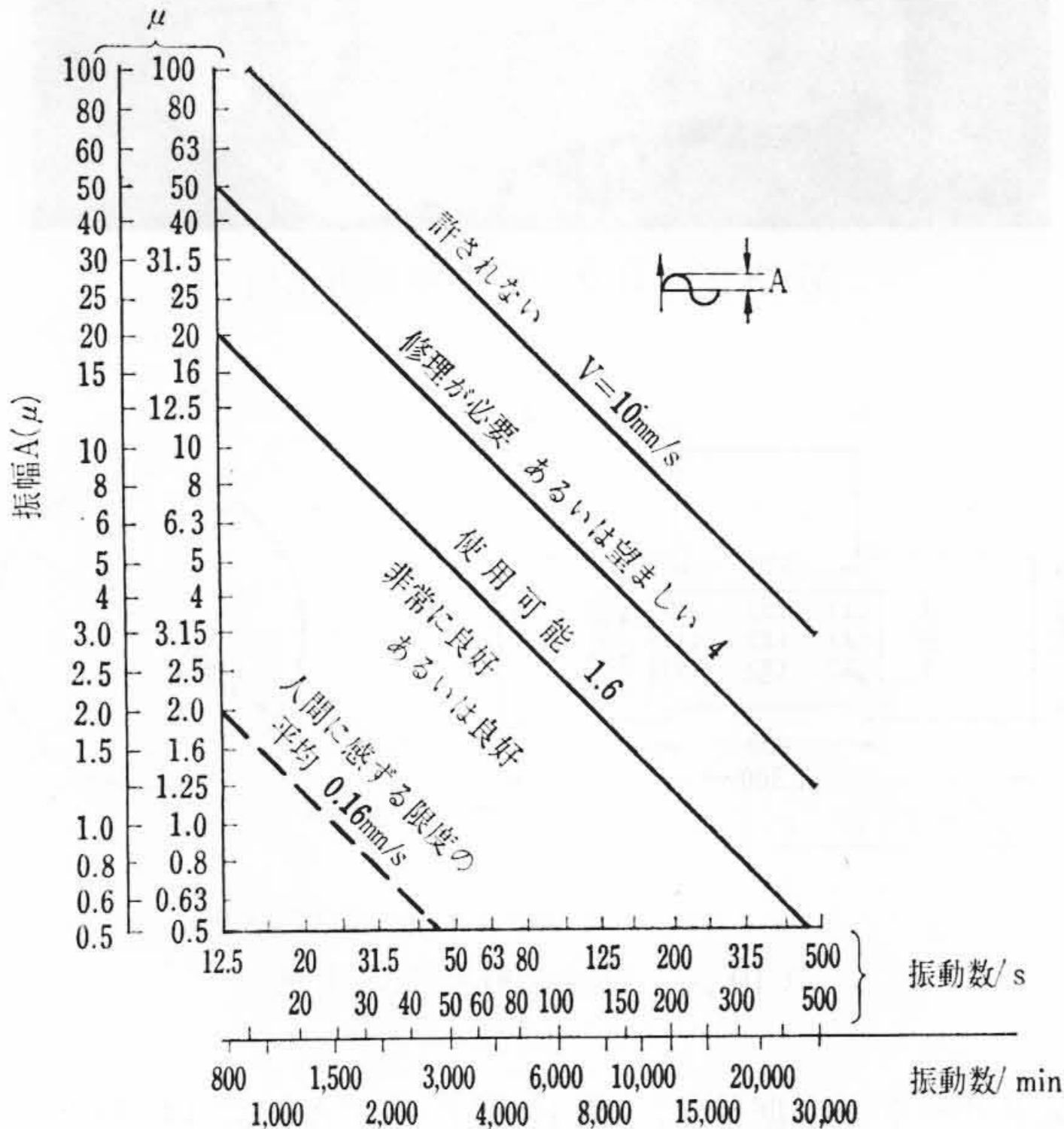
床コンクリート上に据付け，**第 19 図**に示すA部に 3 t のウェイトを置き図中に示すようにテストピースを 9 個配列させて研削した結

第4表　切削試験結果

測定順序	Ⓐ部ウエイト荷重(t)	Ⓑ部基礎上水平(mm/m)	チャック上中央部水平(mm/m)	測定値 ⊕ テストピース(No.)	⊕ 誤差(μ)	⊖ テストピース(No.)	⊖ 誤差(μ)	⊕ 累積誤差(μ)
No.1	0	0(基準値)	0	3	1	2	1	2
No.2	0.5	0.05	0	3	0	2	2	2
No.3	1.0	0.055	0	3	2.2	2	1	3.2
No.4	1.5	0.065	0.005	3	2.2	2	1.1	3.3
No.5	2.0	0.075	0.01	3	1.5	2	2	3.5
No.6	2.5	0.105	0.02	3	1.0	2	2.5	3.5
No.7	3.0	0.185	0.03	3	1.5	2	3	4.5
No.8	0 (3t除く)	0.065	0.01	3	1.0	2	3	4.0
No.9	0 (16時間後)	0.03	0.005	3	0	2	1.5	1.5

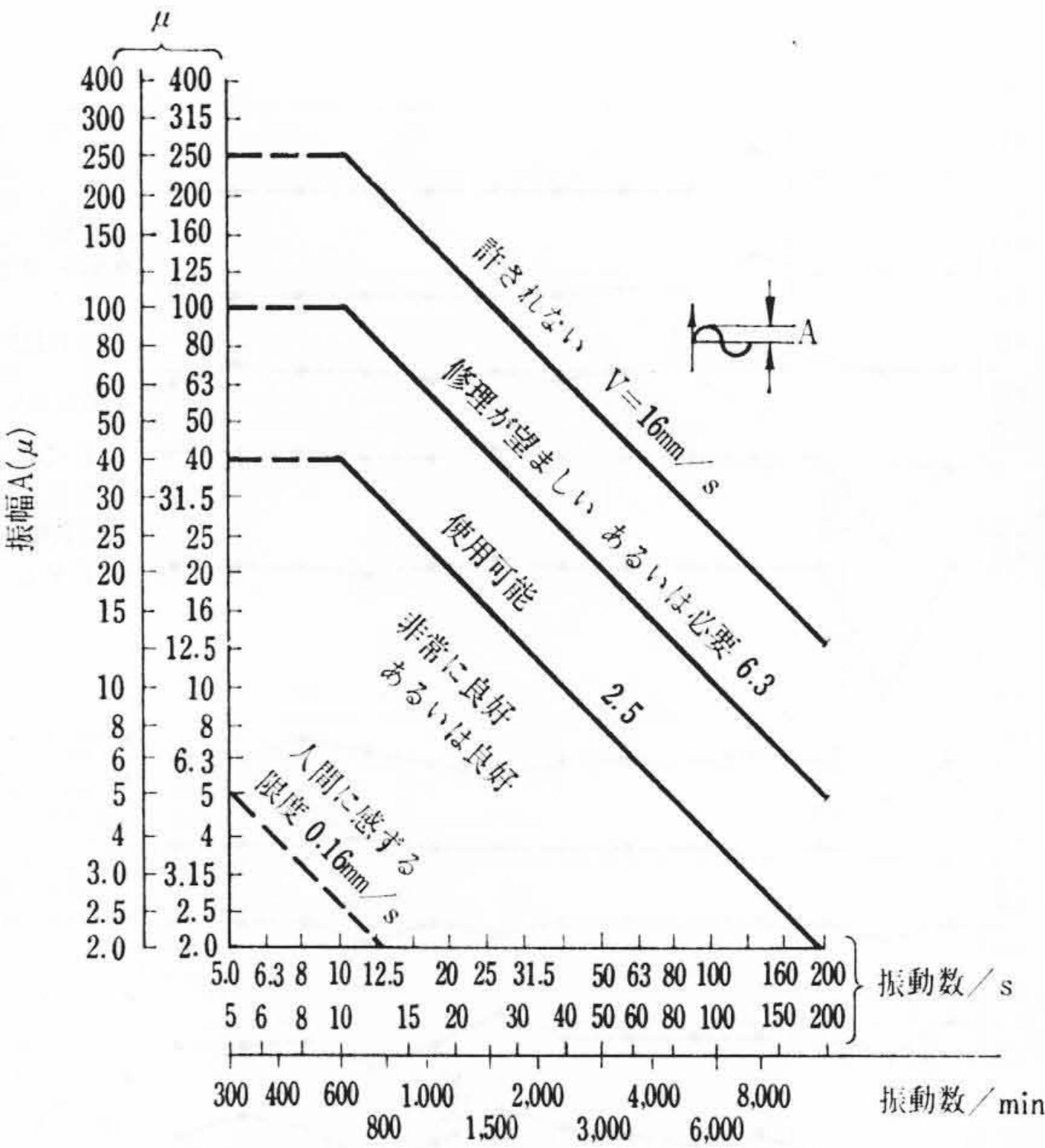
果を**第4表**に示す。本機は剛性度が高いため，基礎上に0.5～3tのウェイトを載せ，床の傾きが最大0.185mm/mを示したときにおいても，加工精度は5μ以内におさまり良結果を示している。これらのことから比較的小形，中形機械で剛性度の高い機械については，周囲の振動の影響を受けない場所では，あえて基礎を施工しないでも十分な加工精度が得られる。

4. 基礎の振動

据付機械がどの程度の振動まで許されるものであるかの基準あるいは目安があれば非常に好都合である。しかし振動については，いろいろな条件により左右されるため一般的な基準はない。1958年ドイツVDI振動部門委員会が推薦した**第20，21図**[1]を参考のために紹介する。

これは振動の良否を判定するために，基礎の設計あるいは既存機械基礎の振動に関する検討の際の目安として有効なものであると思う。一般に工作機械は20～25c/s付近に固有振動数を持つものが多く，電動機あるいは主軸の回転数(1,200～1,500rpm)が同期した場合に，機械は共振して振幅が非常に大きくなり，両振幅で100μに達することさえある。しかし振幅20μ以上になるといかにも振動があると感ずるが，この状態で切削しても切削面にはなんらの徴候も現われないのが普通である。一方基礎の振動はどうかといえば，たとえば川崎工場の場合では地盤そのものの振動は，上下全振幅で0.5～1.0μ(夜間工場外周辺も静寂になったときに測定した)という

第20図　小形機械に対する基準

非常にわずかな値である。

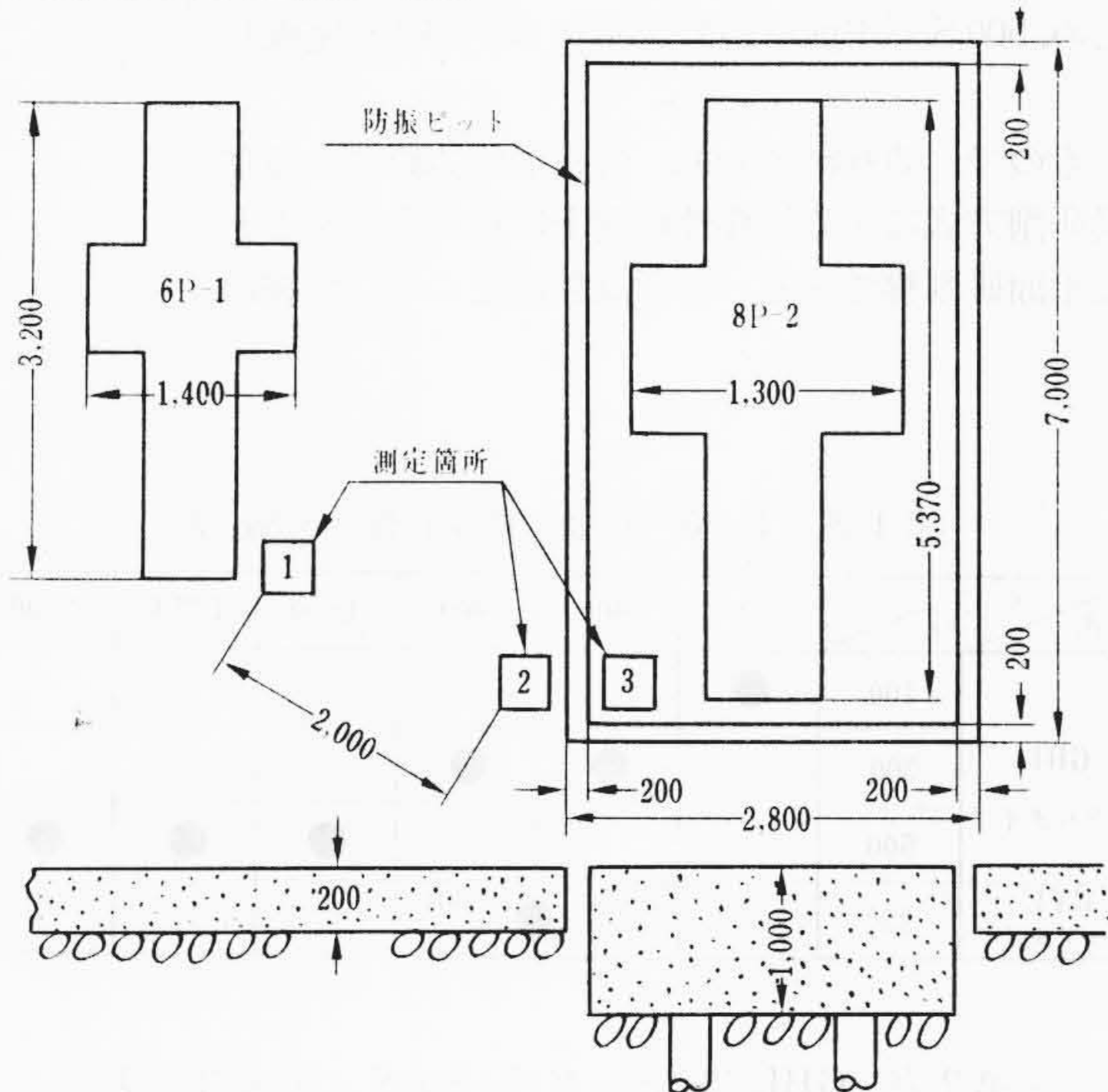
したがって特殊な振動(たとえばビリ振動とか，他から衝撃を伴うような振動)を除いては，加工精度への影響は考慮する必要はない。この意味から精度保持上よく採用されている防振用ピットは，上下振動については思ったほどの効果がない。たとえば向き合って据え付けられている同種の機械で，一方は防振ピットがあり，他は一般の連続基礎上に据付けを行なったものの比較は**第5表**に示したとおりで，その差はわずか1～2μである。防振ピットはむしろこの面よりも，前述**3.4**項に述べた剛性のない機械の精度保持のため，あるいは平削盤のようなテーブルの往復運動により発生する大きな衝撃的振動を他へ伝播させないために使用してこそ効果が発揮されるものである。**第6表**は防振ピット効果の一例を示す測定結果である。すなわち周囲に振動体がなく，かつ大きな振動源を持つ機械がなければ防振ピットを設ける必要はない。またクレーン，モートラック，蓄電池車による影響はほとんど無いことを示している。

第21図　強固な基礎上の大形機械に対する基準

第5表　振動防止ピットの有無による基礎の振動比較

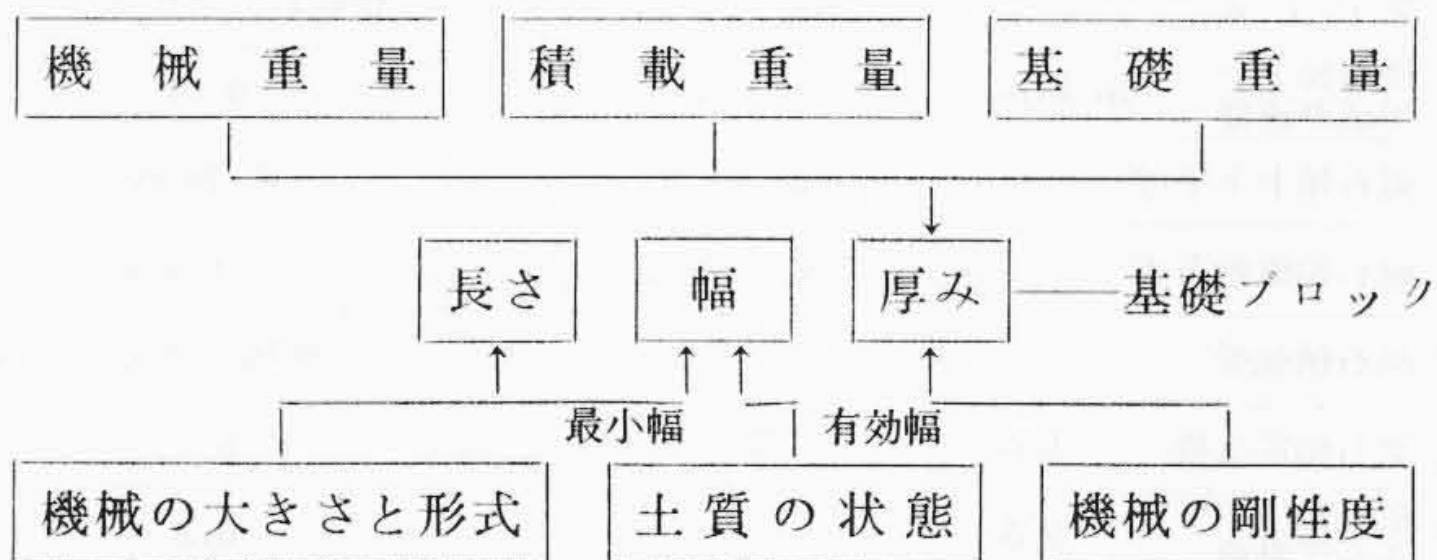
ピットの有るもの 機械名	上下全振幅(u)	ピットの無いもの 機械名	上下全振幅(u)	測定位置	周囲測定条件
ジョテス(SJW1000)円筒研削盤 基礎深さ0.4m	1.2	大隈(280×1,000)円筒研削盤 基礎深さ0.4m	2.8	基礎上	対象機停止，1tクレーン稼働，日立300S平面研削盤3台稼働
	1.2		1.6	基礎上	対象機停止，2t蓄電池車通過，日立300S平面研削盤3台稼働
	0.8		2.8	基礎上	対象機停止，0.5tモートラック通過，日立300S平面研削盤3台稼働
アッシャースレーベン(1,250×4,000)平削盤 基礎深さ1.0m	1.4	アッシャースレーベン(1,500×4,000)平削盤 基礎深さ1.0m	1.8	基礎上	対象機停止 日工製16ft平削盤稼働
	1.2		3.2	ベッド上	対象機停止 日工製16ft平削盤稼働
	1.0		1.2	基礎上	対象機停止 5t天井走行クレーン稼働
	1.0		1.2	基礎上	対象機停止 2t蓄電池車通過
	0.8		1.0	基礎上	対象機停止 0.5tモートラック稼働
ギディング(5″φ)横中ぐり盤 基礎深さ1.0m	0.6	日立(100BH)横中ぐり盤 基礎深さ0.5m	1.0	基礎上	対象機停止，コルブ治具ボーラー，日立100BHF横中ぐり盤稼働
	1.4		1.2	基礎上	対象機停止 5t天井走行クレーン稼働
	0.4		2.4	基礎上	対象機停止 2t蓄電池車通過
	0.4		0.5	基礎上	対象機停止 0.5tモートラック通過

第6表　防振ピットの効果例

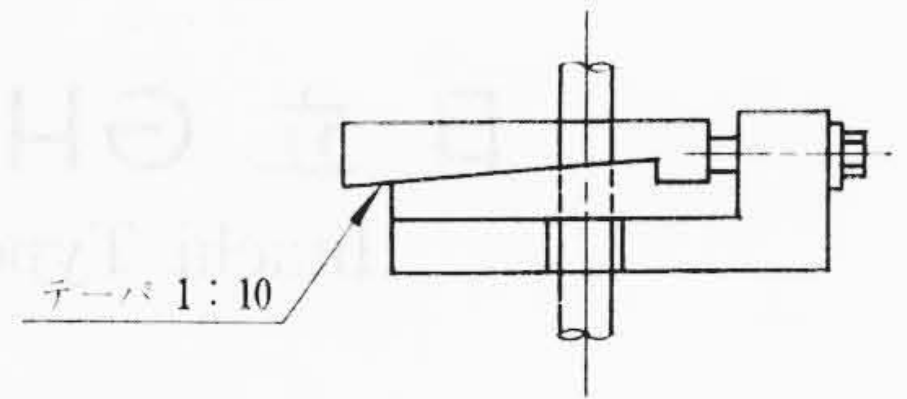
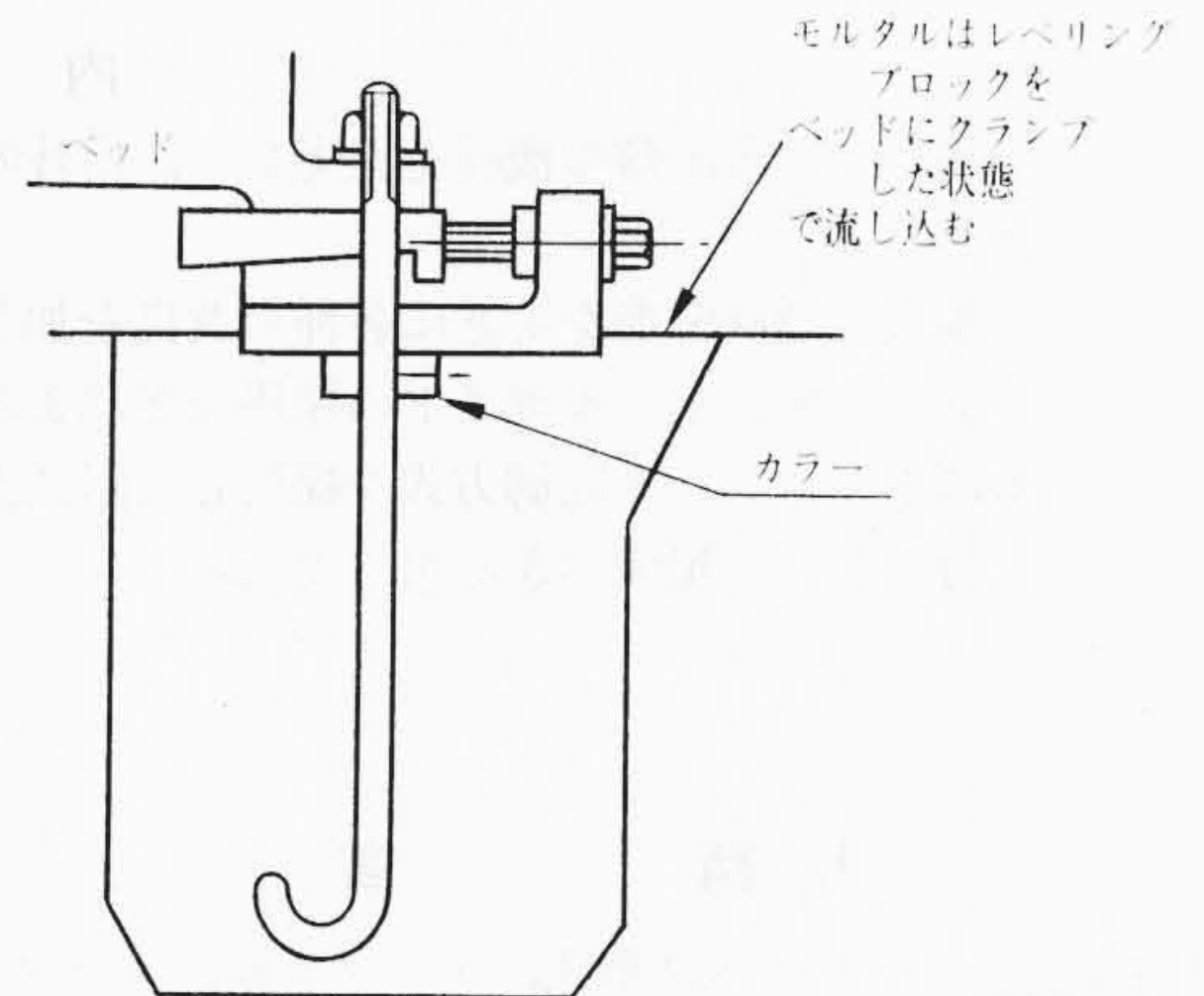
測定個所			測定条件
基礎上（上下全振幅 μ）			
1	2	3	
1.2	1.2	2.2	6P-1 松本鋳造製平削盤(700×2,000)および 8P-2 日工製平削盤(900×2,800)停止
20.0	10.0	8.0	6P-1 稼働　8P-2 停止
3.2	2.4	7.0	8P-2 稼働　6P-1 停止

測定個所と機械基礎の関係

ただし機械工場内の通路に凹凸があったりする場合，運搬車が通過すると振動を誘発するので，よく整地しておかなければならない。

5. 基礎の大きさと剛性

基礎スラブの寸法を定めるには，次の要素を考慮しなければならない。基礎の長さと幅は地耐力の低い地盤の場合では幅を広くとるようにする。基礎の厚みは深いほど良いが，経済面に与える影響も大きいので，振動と基礎スラブのたわみを防ぎ得る最小限度の薄い基礎にすべきである。機械重量50 t 以上の大形機械の場合は，厚みは1,000〜2,000 mmの範囲にとり，一般の横中ぐり盤(主軸径100 φ)，平削盤（テーブル長さ 4,000 mm)，研削盤（ベッド長さ 3,000 mm）級の機械では 500〜1,000 mm の厚みがあれば十分である。

また厚みは基礎の剛性にきいてくるので次の考慮をする必要がある。すなわち，基礎自体のたわみを少なくすることで，ナクサスユニオン社では，基礎のたわみ量（δ）は，基礎の長さ 1m に対して 8 μ 以下にする必要があり，基礎の剛性度（St）は少なくとも 5,000 kg/μ は必要としている。剛性度の計算式は(4)式による。

$$St=\frac{1,000G}{\delta}\quad (\mathrm{kg}/\mu) \quad\cdots\cdots(4)$$ [4]

ただし，　G：　機械重量＋積載重量＋基礎重量　（t）

第22図　レベリングブロック

第23図　ベッドの据付

6. 据　　付

6.1 基礎ボルト

機械を据付ける場合，考えられる問題点として基礎ボルトでベッドを強固に締付けるかどうかという問題がある。この点についてはアメリカの据付派遣技師のやり方をみていると，比較的ゆるい締付方法をしているが，西ドイツ技師のやり方は強く締めあげて，基礎と機械を一体にしたほうがよいとの考え方を持っている。このように相反した考え方があるが，西ドイツの場合のように工場内全体の温度差が年中 2〜3 度の範囲内で保たれる所ではよいが，日本のように四季を通じて温度差の激しい所では，むしろフリーな状態にしておいて局部的にねじれた場合修正する方法が適切であると考える。

6.2 レベリングブロック

第22図に示すものが一般に使用されるもので，取付けの際は**第23図**のようにベッドにぴったりと取り付け，ベッドは仮置の状態にして，基礎ボルト埋込部にモルタルを流し込む。モルタルは砂1に対してセメント1の割合のものを使用すれば非常に強度が増す。

7. 結　　言

精密工作機械においては，基礎の良否は機械の生命にかかわるものである。予防保全上，機械精度を長く維持させるには，据付けに当たりおのずからその場所に適した基礎が必要であり，機種ならびに周囲の条件に応じた基礎を施工することがたいせつである。終わりに本研究に際してご指導いただいた日立製作所本社杉村氏ならびに鹿島建設大本，野田両氏に深く謝意を表する次第である。

参　考　文　献

（1）　沢潟，京谷：　機械基礎の設計と据付
（2）　産業図書：　構造計算便覧
（3）　日本建築学会：　建築基礎構造設計基準
（4）　ナクサスユニオン社：　研削盤取扱説明書